

## Optical device for producing a line and method for its production

Patent Number: DE4320177  
Publication date: 1994-12-22  
Inventor(s): STEINFADT HENNING (DE)  
Applicant(s): LASER APPLIKATIONAN GMBH  
Requested Patent:  DE4320177  
Application DE19934320177 19930618  
Priority Number(s): DE19934320177 19930618  
IPC Classification: G02B5/00; G02B3/06; G02B5/04  
EC Classification: G02B3/06, G02B5/04, G02B27/09  
Equivalents:

---

### Abstract

---

Optical device for producing a line by means of a laser and a light-refracting optics, that region of a surface of the light-refracting optics which refracts the laser beam having the contour (shape) of an aspheric cylindrical lens which is tuned to the intensity distribution of the laser beam and widens the laser beam in the direction of the cylindrical axis such that it forms at a distance behind the refracting optics a straight line which is inclined with respect to the optical axis and has a line power density uniformly distributed over its length.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 43 20 177 A 1

⑯ Int. Cl. 5:  
G 02 B 5/00  
G 02 B 3/06  
G 02 B 5/04

⑯ Aktenzeichen: P 43 20 177.6  
⑯ Anmeldestag: 18. 6. 93  
⑯ Offenlegungstag: 22. 12. 94

Vorlage	Ablage	21785 N
Haupttermin		
Eing.: 17. APR. 2003		
PA. Dr. Peter Riebling		
Bearb.:	Vorgelegt.	

⑯ Anmelder:  
LAP GmbH Laser Applikationen, 21339 Lüneburg, DE

⑯ Erfinder:  
Steinfadt, Henning, 2120 Lüneburg, DE

⑯ Vertreter:  
Hauck, H., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., 80336 München; Graalfs, E., Dipl.-Ing., 20354 Hamburg; Wehnert, W., Dipl.-Ing., 80336 München; Döring, W., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing., 40474 Düsseldorf; Siemons, N., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte; Reichert, H., Rechtsanw., 20354 Hamburg

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Optische Vorrichtung zur Erzeugung einer Linie und Verfahren zu ihrer Herstellung

⑯ Optische Vorrichtung zur Erzeugung einer Linie mit einem Laser und einer lichtbrechenden Optik, wobei ein den Laserstrahl brechender Bereich einer Oberfläche der lichtbrechenden Optik die Kontur einer auf die Intensitätsverteilung des Laserstrahls abgestimmten aphärischen Zylinderlinse aufweist, die den Laserstrahl in Richtung der Zylinderlinsenachse derart aufweitet, daß er in einer Entfernung hinter der brechenden Optik eine zur optischen Achse geneigte gerade Linie mit über ihrer Länge gleichmäßig verteilter Linienleistungsdichte bildet.

DE 43 20 177 A 1

3747

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 94 408 051/229

9/33

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine optische Vorrichtung zur Erzeugung einer Linie nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und auf Verfahren zur Herstellung derartiger optischer Vorrichtungen.

Gebündelte, parallele Laserstrahlen, etwa von einem Helium-Neon-Laser, können mit Hilfe eines einfachen passiven optischen Bauteils, etwa einer Zylinderlinse oder einem zylinderförmigen Spiegelsegment, in einer die optische Achse enthaltenden Ebene aufgeweitet werden. In dieser Ebene weist der Strahl einen deutlich größeren Divergenzwinkel als in einer dazu senkrechten Ebene auf. Beim Auftreffen auf eine Projektionsebene erscheint der Strahl als gerade Linie. Die Länge der projizierten Linie ergibt sich aus dem Divergenzwinkel des aufgeweiteten Strahls und dem Abstand der Projektionsebene von der Aufweitungsoptik. Die Breite der Linie in Höhe der optischen Achse bestimmt sich aus der Anfangsdivergenz des Laserstrahls und der Entfernung der Projektionsebene vom Laser. Im allgemeinen ist aufgrund der geringen Anfangsdivergenz des Laserstrahls die Breite der projizierten Linie gegenüber ihrer Länge vernachlässigbar, so daß die Linie als eindimensionales Gebilde wahrgenommen wird.

Die wahrgenommene Helligkeit eines Ortes in einer projizierten Figur ist proportional zur Menge der an diesem Ort auftreffenden Strahlung. Bei der Wahrnehmung einer Linie als eindimensionales Gebilde entspricht die Helligkeit eines Linienortes der gesamten über die Linienbreite verteilten Intensität, d. h. der Linienleistungsdichte.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine optische Vorrichtung zur Erzeugung einer gleichmäßig hellen geraden Linie zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die erfindungsgemäße optische Vorrichtung weist einen Laser und eine lichtbrechende Optik auf, welche den Strahl derart eindimensional aufweitet, daß der aufgeweitete Laserstrahl auf einer Projektionsebene eine Linie mit in Längsrichtung gleichmäßig verteilter Helligkeit aufweist. Der Laserstrahl erfährt an einem Bereich einer brechenden Oberfläche der Optik die Wirkung einer asphärischen Zylinderlinse. Dieser Bereich ist speziell auf den einfallenden Laserstrahl abgestimmt konturiert, um die spezielle gewünschte Strahlaufweitung zu erhalten.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der Laserstrahl ein Strahlprofil mit bekannter und eindeutig bestimmter Intensitätsverteilung, bestimmt durch Strahldurchmesser und Mode, aufweist und diese Verteilung bei einer Strahlaufweitung geeignet modifiziert werden kann, so daß im Fernfeld der optischen Vorrichtung eine gewünschte Intensitätsverteilung geschaffen wird. Die Intensitätsverteilung des ursprünglichen Laserstrahls hängt von der Strahlungsmodus ab, in der der Laser arbeitet. Bei kleineren Lasern ist dies meist die Grundmode, bei der die Intensität in einer die optische Achse enthaltende Strahl ebene in Form einer Gaußkurve um die optische Achse verteilt ist. Mit diesem Wissen läßt sich bei bekanntem Strahldurchmesser eine asphärische Zylinderlinse berechnen, die mit dem Strahl in einer gewissen Entfernung von der Zylinderlinse eine Linie mit über ihrer Länge gleichmäßig verteilter Linienleistungsdichte erzeugt.

Der Erfindung liegt weiterhin die Erkenntnis zugrunde, daß ein Dachprisma mit relativ wenig Aufwand so

modifiziert werden kann, daß es wie die oben beschriebene spezielle Zylinderlinse wirkt. Dabei ist es vorteilhaft, die Dachflächen des Prismas zur Bildung der Linienenden und zur Vorgabe eines festen Öffnungswinkels 5 zu nutzen. Ein derartiges Prisma als Röhling für eine zylinderförmige asphärische Optik läßt sich in verschiedenen Herstellungsverfahren gut benutzen. Die Erkenntnis, daß bei der Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe eine plankonvexe Zylinderlinse benutzt werden kann und die Dicke dieser Linse für die Erzeugung einer Linie im Fernfeld keine Rolle spielt, macht die Erfindung in bezug auf Laserstrahlen mit sehr kleinem Durchmesser besonders bedeutsam, da mit relativ großen Prismen, die gut in Bearbeitungswerzeuge einspannbar sind, kleine optisch wirksame Flächen exakt bearbeitet werden können.

Eine Ausgestaltung der optischen Vorrichtung sieht vor, daß die Kontur des asphärischen Bereiches glatt in die Dachflächen des Prismas übergeht.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß äußere Laserstrahlbereiche knapp auf die Dachflächen des Prismas fallen und die derart gebrochenen Strahlen, die unter dem Öffnungswinkel des Prismas aus diesem austreten, die Enden der erzeugten Linie bilden.

Ausgestaltungen der Erfindung sehen sowohl ein Fünfflächenprisma als auch ein Dreiflächenprisma vor.

Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die optische Vorrichtung einen festen Öffnungswinkel 20 auf, der unter dem austretenden Strahl zwischen ca. 5° und ca. 120° ist. Der feste Öffnungswinkel des austretenden Strahls wird durch den Prismenwinkel bestimmt.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung weist die optische Vorrichtung im Strahlengang eine dem Prisma folgende Zylinderlinse auf. Die zusätzliche 35 Zylinderlinse kann den vom Prisma vorgegebenen Öffnungswinkel modifizieren. Falls insbesondere der Abstand zwischen Prisma und Zylinderlinse variabel ist, kann der Öffnungswinkel beliebig eingestellt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das Prisma in bezug auf eine Mittelachse symmetrisch und die optische Achse fällt mit der Mittelachse des Prismas zusammen und verläuft senkrecht zu einer Projektionsfläche. Dies ist der Standardfall des symmetrischen optischen Aufbaus, bei der die projizierte Linie senkrecht 45 zur optischen Achse liegt.

In einer dazu alternativen Ausgestaltung ist das Prisma wiederum symmetrisch in bezug auf eine Mittelachse, jedoch verläuft die optische Achse parallel in einem Abstand zur Mittelachse und ist zur Projektionsebene geneigt. Damit können in Längsrichtung gleichmäßig helle Linien auf zur optischen Achse unterschiedlich geneigten Projektionsebenen mit ein und demselben Prisma lediglich durch dessen Parallelverschiebung senkrecht zur optischen Achse erzeugt werden.

Ein erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren eines erfindungsgemäß modifizierten Prismas sieht vor, daß der Bereich der Dachkante des Prismas nachträglich geschliffen/poliert wird, um die erforderliche asphärische Kontur zu erzeugen. Dieses Verfahren eignet sich 50 vorteilhaft für kleine Stückzahlen.

Ein weiteres erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren sieht vor, daß der Bereich der Dachkante eines Prismas auf einer numerisch gesteuerten Maschine gefräst und anschließend poliert wird, um die erforderliche asphärische Kontur zu erzeugen. Dieses Verfahren ist 55 bei mittleren Stückzahlen vorteilhaft.

Ein weiteres erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren sieht vor, daß das Prisma mittels Blankpressen in

einer die optische Kontur aufweisende Form erzeugt wird. Dieses Verfahren eignet sich vorteilhaft für große Stückzahlen.

Ein weiteres erfundungsgemäßes Herstellungsverfahren sieht vor, daß ein maßstäblich vergrößerter Rohling auf einer numerisch gesteuerten Maschine gefräst und anschließend mittels Erhitzen und Ziehen auf das gewünschte Endmaß gebracht wird. Dieses Verfahren ist ähnlich dem Ziehprozeß bei Glasfasern und bietet darüber hinaus den Vorteil, daß aus einem "Master" Linsen für verschiedene Strahldurchmesser herstellbar sind. Ein starkes Ziehen ergibt kleine, ein weniger starkes Ziehen insgesamt größere Linsen, die zu kleineren bzw. größeren Strahldurchmessern passen. Gleichzeitig mit der Maßreduktion findet beim Ziehen eine Flammpolitur der Linsenoberfläche statt, so daß eine separate mechanische Politur bei diesem Verfahren entfällt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert, in denen

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines erfundungsgemäß modifizierten Prismas mit eingetragenem Strahlenverlauf darstellt,

Fig. 2 ein Diagramm mit dem Intensitätsverlauf in einem Schnitt durch den ursprünglichen Laserstrahl darstellt,

Fig. 3 ein Diagramm mit einer berechneten Linienleistungsdichte einer mit einer erfundungsgemäßen V

richtung erzeugten Linie darstellt,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines erfundungsgemäß modifizierten Prismas mit eingezeichnetem Strahlenverlauf im Dachkantenbereich ist, und

Fig. 5 eine Funktion des berechneten Oberflächenverlaufs im erfundungsgemäß modifizierten Dachkan-

tenbereich eines Prismas darstellt.

In Fig. 1 trifft ein Laserstrahl 10 eines nicht dargestellten Lasers auf den Dachkantenbereich eines Fünfseitenprismas 12 und wird in der Zeichenebene aufgeweitet. Der Dachkantenbereich des Prismas 12, dessen Breite dem Strahldurchmesser entspricht, weist eine auf die Lasermode abgestimmte Oberflächenkontur einer asphärischen Zylinderlinse auf und bricht den Strahl entsprechend. In der Zeichenebene besteht der Laserstrahl schematisch aus diversen Teilstrahlen unterschiedlicher Intensität, die zur optischen Achse 14 hin gebrochen werden, die optische Achse schneiden und an der Grundseite 16 des Prismas erneut, nun von der optischen Achse fort, gebrochen werden. Die äußeren Teilstrahlen 18, 20 bilden nach dem Verlassen des Prismas den Öffnungswinkel der Optik, der vom Prismenwinkel, dem Winkel zwischen den Dachflächen 22 und 24 des Prismas, abhängt. In der Zeichenebene hat der einfallende Laserstrahl in der Schnittebene 26 das in Fig. 2 gezeigte Intensitätsprofil.

In einem Abstand hinter dem Prisma 12 wird der Strahl auf eine Ebene 28 projiziert und bildet dort eine Linie mit einer in Längsrichtung gleichmäßigen Linienleistungsdichte. Eine Beispielsberechnung für eine derartige Linienleistungsdichte zeigt Fig. 3 in Abhängigkeit von der Entfernung von der Linienmitte.

In Fig. 4 ist der Strahlenverlauf im erfundungsgemäß modifizierten Dachkantenbereich 30 eines Prismas 32 dargestellt. Die schematisch eingezeichneten Strahlen 34 des einfallenden Laserstrahls sind in gleichem Abstand dargestellt. Gemäß Fig. 2 verlaufen sie an Orten stark unterschiedlicher Intensität. Unter Bezugnahme auf Fig. 2 wird klar, daß die wesentliche Laserleistung im zentralen Bereich des Laserstrahls konzentriert ist. Um eine gleichmäßig helle projizierte Linie zu errei-

chen, muß die Intensität des Kernbereichs auf einen wesentlich größeren Bereich der projizierten Linie verteilt werden als die Intensität in den Randbereichen. Dieser Zusammenhang wird in Fig. 4 deutlich.

Aufgrund dieses Zusammenhangs ist die Kontur des zentralen Dachkantenbereichs für die gleichmäßige Verteilung der Strahlungsleistung bedeutend. Eine Berechnung für eine derartige Kontur zeigt Fig. 5. Die Abszisse ist senkrecht zur optischen Achse und die Ordinate entlang der optischen Achse in Richtung zum Laser gewählt. Abszisse und Ordinate sind allerdings in verschiedenen Maßstäben dargestellt. An der Abszisse geht die modifizierte Kontur in die Dachflächen des Prismas glatt (differenzierbar) über.

#### Patentansprüche

1. Optische Vorrichtung zur Erzeugung einer Linie mit einem Laser und einer lichtbrechenden Optik, dadurch gekennzeichnet, daß ein den Laserstrahl (10) brechender Bereich (30) einer Oberfläche der lichtbrechenden Optik (12, 32) die Kontur einer auf die Intensitätsverteilung des Laserstrahls abgestimmten asphärischen Zylinderlinse aufweist, die den Laserstrahl in Richtung der Zylinderlinsenachse derart aufweitet, daß er in einer Entfernung hinter der brechenden Optik eine zur optischen Achse (14) geneigte gerade Linie mit über ihrer Länge gleichmäßig verteilter Linienleistungsdichte bildet.
2. Optische Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtbrechende Optik (12, 32) ein modifiziertes Dachprisma ist, das in einem Bereich (30) um die Dachkante die Kontur der asphärischen Zylinderlinse aufweist.
3. Optische Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontur des asphärischen Bereiches glatt in die Dachflächen (22, 24) des Prismas (12) übergeht.
4. Optische Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß äußere Laserstrahlbereiche knapp auf die Dachflächen (22, 24) des Prismas fallen und die derart gebrochenen Strahlen (18, 20), die unter dem Öffnungswinkel des Prismas (12) austreten, die Enden der erzeugten Linie bilden.
5. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Prisma (12) ein Fünfflächenprisma ist.
6. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Prisma ein Dreiflächenprisma ist.
7. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung einen festen Öffnungswinkel des austretenden Strahls zwischen ca. 5° und ca. 120° aufweist.
8. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung im Strahlengang eine dem Prisma folgende Zylinderlinse aufweist.
9. Optische Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen Prisma und Zylinderlinse variabel ist.
10. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Prisma (12) in bezug auf eine Mittelachse symmetrisch ist und die optische Achse (14) mit der Mittelachse zusammenfällt und senkrecht zu einer Projektionsebene (28) verläuft.

11. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprü-  
ch 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Pris-  
ma in bezug auf eine Mittelachse symmetrisch ist  
und die optische Achse in einem Abstand parallel  
zur Mittelachse und zu einer Projektionsebene ge- 5  
neigt verläuft.

12. Verfahren zur Herstellung einer optischen Vor-  
richtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, da-  
durch gekennzeichnet, daß der Bereich der Dach-  
kante eines Prismas nachträglich geschliffen/po- 10  
liert wird, um die erforderliche asphärische Kontur  
zu erzeugen.

13. Verfahren zur Herstellung einer optischen Vor-  
richtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, da-  
durch gekennzeichnet, daß der Bereich der Dach- 15  
kante eines Prismas auf einer numerisch gesteuerten  
Maschine gefräst und anschließend poliert wird,  
um die erforderliche asphärische Kontur zu erzeu-  
gen.

14. Verfahren zur Herstellung einer optischen Vor- 20  
richtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, da-  
durch gekennzeichnet, daß das Prisma mittels  
Blankpressen in einer die erforderliche asphärische  
Kontur aufweisende Form erzeugt wird.

15. Verfahren zur Herstellung einer optischen Vor- 25  
richtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, da-  
durch gekennzeichnet, daß ein maßstäblich vergrö-  
ßerter Rohling auf einer numerisch gesteuerten  
Maschine gefräst und anschließend mittels Erhitzen  
und Ziehen auf das gewünschte Endmaß gebracht 30  
wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

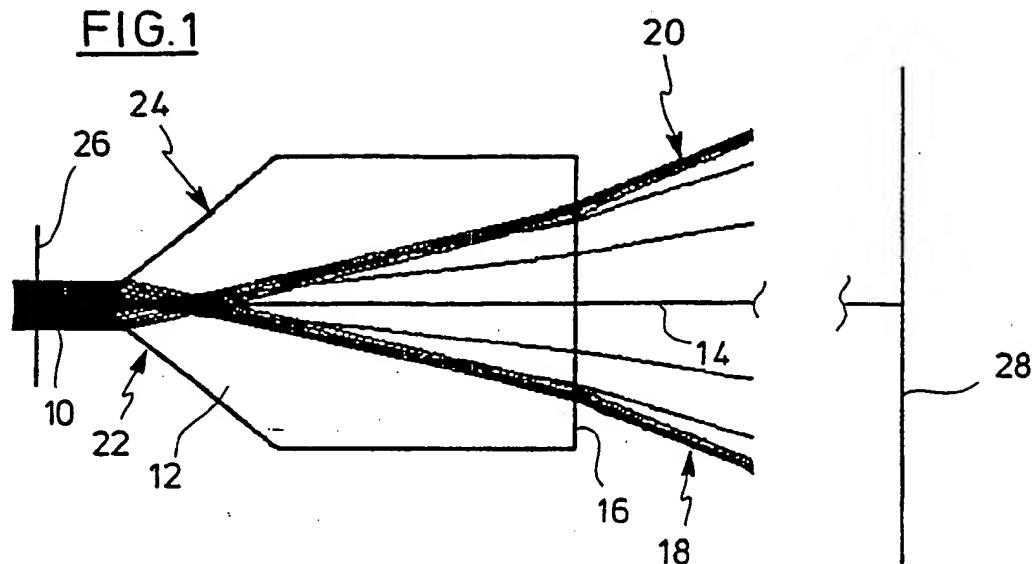
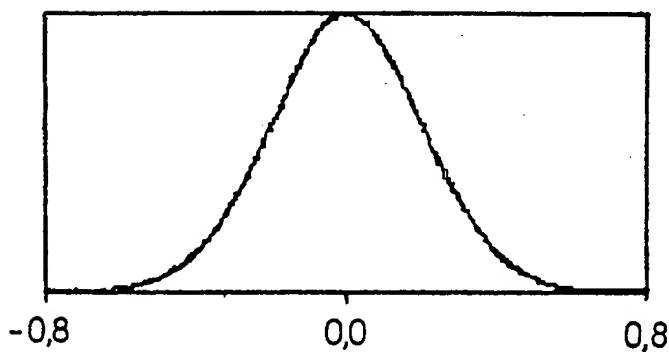
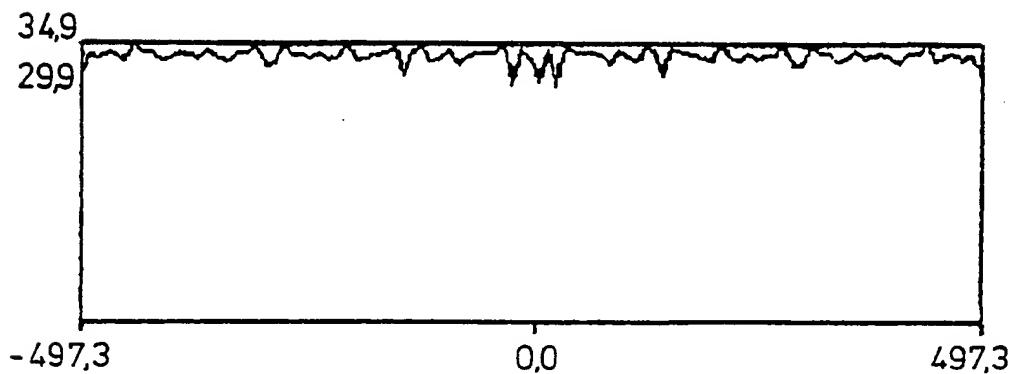
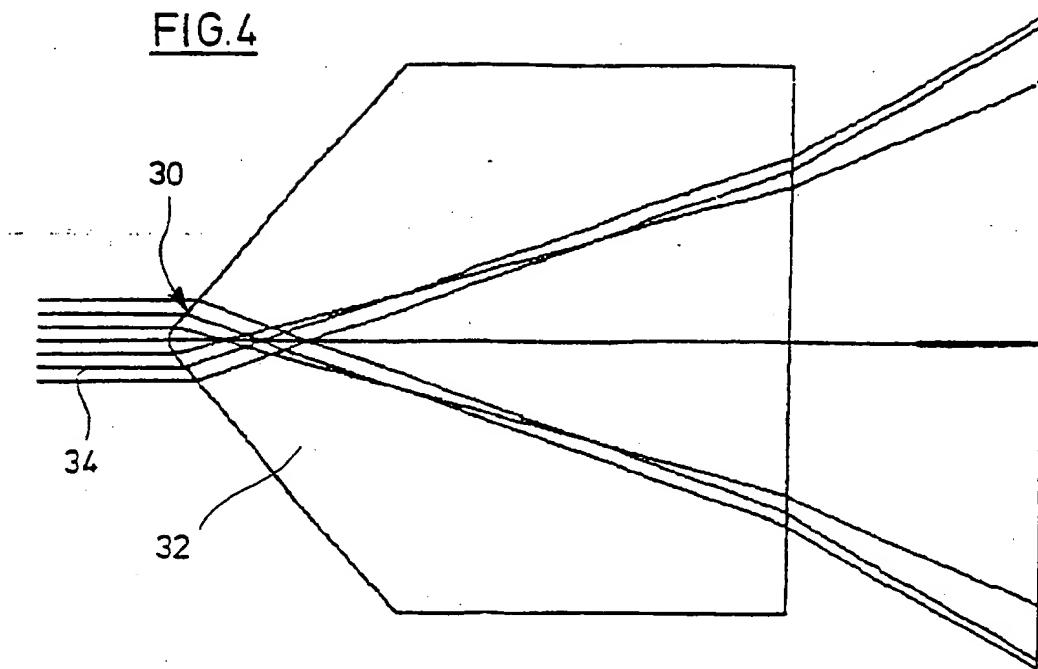
FIG.1FIG.2FIG.3

FIG.4FIG.5